

LAS INVERSIONES TÉRMICAS EN EL VALLE BAJO DEL HENARES

Vicente Bello Fuentes

Departamento de Geografía

Universidad de Alcalá

vicente.bello@uah.es

Fecha de Recepción: 20 de Febrero de 2008

Fecha de Aceptación: 8 de Abril de 2008

RESUMEN

Los datos suministrados por estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología, junto a los recogidos a través de transectos térmicos en automóvil, nos han permitido estudiar la frecuencia e intensidad de las inversiones térmicas que se producen entre el valle del Henares y el páramo próximo a lo largo del año. Se han detectado contrastes térmicos apreciables en las temperaturas mínimas entre ambos espacios, así como entre distintos sectores en el borde del páramo.

Palabras Clave:

Climatología, inversión térmica, Valle del Henares, Península Ibérica.

ABSTRACT

The data supplied by meteorological observation posts of the Instituto Nacional de Meteorología (INM), together with the ones collected by means of a set of thermal transects by car, have allowed us to study both the frequency and the intensity of the thermal inversions which are produced between the valley of the Henares and the nearby tableland throughout the year. Remarkable thermal contrasts in the lowest temperatures between both spaces have been observed, just as between the different areas at the edge of the tableland.

Key Words:

Climatology, temperature inversion, Valley of Henares River, Iberian Peninsula.

INTRODUCCIÓN

Por la ley del equilibrio hidrostático, la presión que ejerce una determinada capa atmosférica resulta del producto de tres variables: la densidad del aire, la aceleración de la gravedad y el espesor de la capa atmosférica. Pero la densidad del aire, para una determinada presión, depende de la temperatura, por lo que a mayor temperatura del aire menor será su densidad, resultando ligero el aire cálido y, por el contrario, el aire frío será denso y pesado. La estratificación que presenta el aire estará en función de su temperatura, o del gradiente térmico vertical representado por la denominada curva de estado y de los cambios adiabáticos. Efectivamente, la atmósfera está expuesta a cambios en los gradientes térmicos verticales, por lo que se producen también cambios en su estratificación.

Se habla de inversión térmica cuando se produce una anomalía térmica positiva, es decir, una inversión de lo que resulta normal en la troposfera, que es una disminución de la temperatura de unos 0.6 °C cada 100 m. Estas inversiones pueden producirse por irradiación, originadas al irradiar la tierra el calor en las noches frías con más rapidez que el aire, de modo que en la capa más baja de éste, próxima a la superficie, la temperatura es menor que la del aire situado a mayor altura; inversiones de montaña o de drenaje, en las que el aire enfriado en las capas bajas de la troposfera se desliza por las laderas (viento catabático) y se estanca en los valles; inversiones por advección, cuando se da una invasión horizontal de aire frío, por debajo, o de aire cálido por encima, por lo que cambia el gra-

diente térmico normal; inversiones por subsidencia, o por un movimiento descendente de aire en el seno de un potente anticiclón, descenso que origina el consiguiente proceso de compresión y calentamiento del aire, que llega a desecarse, en tanto que el aire inferior no se ve afectado y se encuentra a menor temperatura; inversiones frontales, que se corresponden con la presencia de un frente situado a cierta altura y con la curva de estado y punto de rocío marcando un incremento simultáneo en el estrato de inversión.

En España las inversiones térmicas son frecuentes a lo largo del año en la Meseta y las depresiones. Los meses más fríos suelen presentar esta anomalía térmica y depresiones como la del Ebro aparecen como un mar de frío y niebla, mientras que en las cordilleras periféricas es mayor la temperatura y brilla el sol (Schmitt, 1946), o en sectores concretos de la depresión, como la Plana de Vic, se pueden registrar en los casos extremos hasta 20°C de anomalía térmica (Fontseré, 1937); en la subcomarca de Les Guilleries, estudiando el fenómeno con la metodología de los transectos térmicos en automóvil, se destacan inversiones de hasta 11°C (Xercavins, 1989). En depresiones intramontañas como la del Alto Aragón, entre Jaca y Sabiñánigo, las inversiones son frecuentes incluso en verano (Puigdefábregas, 1970). En la Meseta Meridional se han señalado inversiones térmicas en el Alto Valle del Tiétar, relacionando el fenómeno con la acumulación de aire frío en el valle en período de calma anticiclónica (Fernández y Galán, 1983). Del mismo modo, en los valles del Tajuña y Tajo se han comprobado gradientes de inversión entre páramo y valle de hasta 2.4°C por cada 100 m de desnivel (Gar-

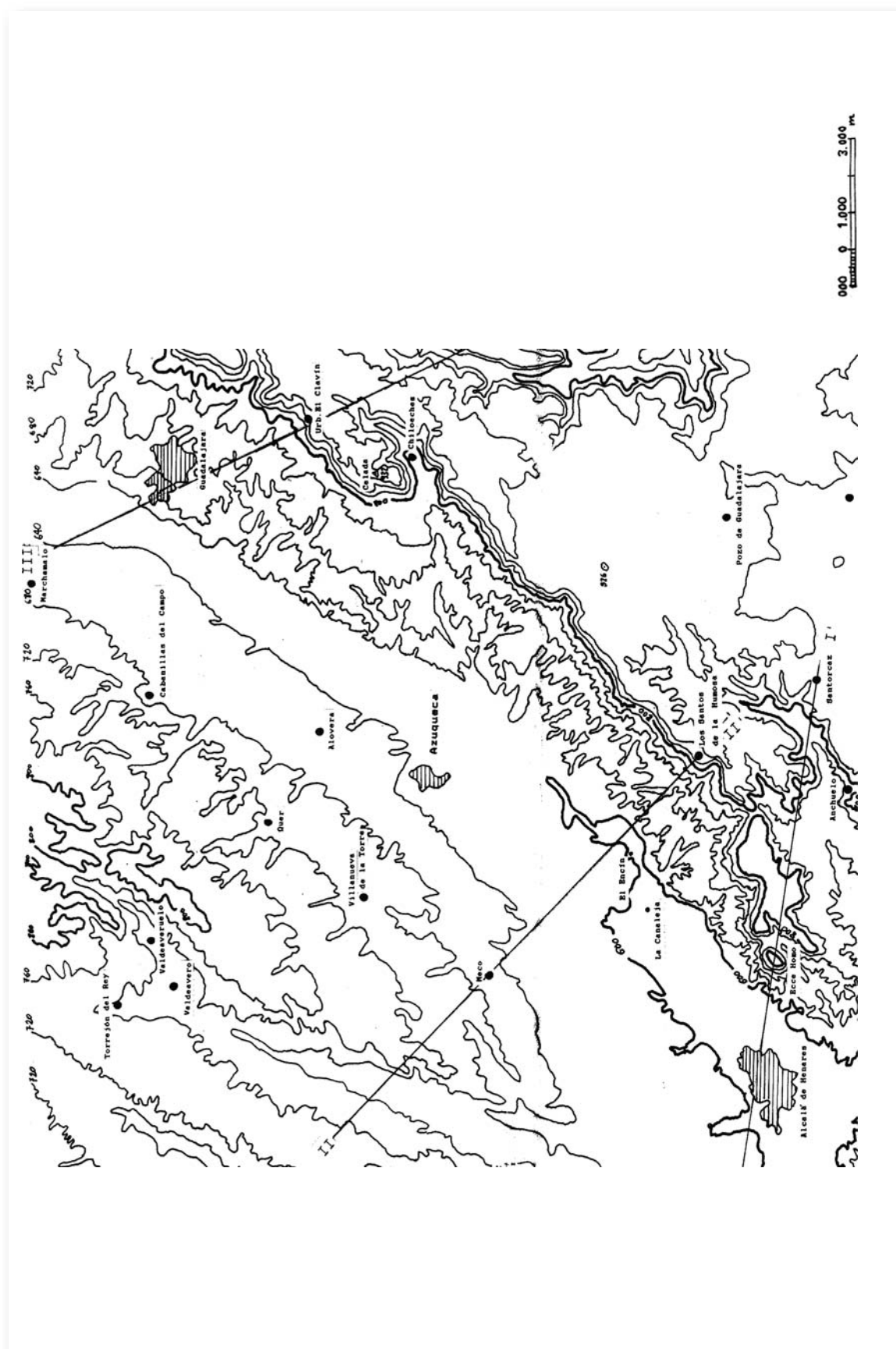


Figura 1.- Mapa hipsométrico del área de estudio y localización de perfiles topográficos

cía-Abad y Carmona, 1997). Por último, en la Depresión del Guadalquivir se explican inversiones térmicas entre la ciudad de Córdoba y las primeras estribaciones de Sierra Morena de hasta 5°C (Domínguez, 1995).

EL ÁREA DE ESTUDIO: CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL VALLE BAJO DEL HENARES

Nuestra área de estudio se corresponde con gran parte del "Corredor del Henares". Los límites se sitúan en el valle entre Alcalá de Henares por el Oeste y Guadalajara por el Este. En el páramo, los límites se encuentran entre el Gurugú, al norte de Alcalá, y la Urbanización El Clavín, al norte de Guadalajara, con Los Santos de la Humosa en el sector central. En estos límites se ha tenido en cuenta la clara disimetría topográfica páramo-valle, junto a las distancias a recorrer al realizar los transectos en automóvil para poder considerar los registros como simultáneos.

Estamos pues ante un valle disimétrico, orientado del NE al SO, con el cauce del río entre los 630 m de altitud en Guadalajara y los 580 m en Alcalá. La margen izquierda del valle se destaca claramente por su carácter abrupto, con un talud de acusada pendiente que conecta el fondo del valle con el páramo. Éste va descendiendo de los 900 m en El Clavín a unos 700 m en el Gurugú, con el río Henares próximo a la superficie tabular.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA:

Nuestro objetivo es el estudio de las inversiones térmicas que puedan originarse en esta

área en función de la disimetría topográfica señalada. Se estudiarán tanto la intensidad como la frecuencia y relación con las diferentes situaciones atmosféricas y sinópticas. La metodología se basará, por un lado, en el análisis comparativo de las temperaturas suministradas por la estación de "El Encín", próxima a Alcalá y en el fondo del valle del Henares, y la de "Yebes-Observatorio Astronómico", en el interior del páramo. Del mismo modo se hará uso de los transectos térmicos en automóvil, realizando mediciones termohigrométricas. El instrumental utilizado consistirá en un termohigrómetro digital, modelo HANNA, provisto de una sonda colocada en la parte superior y exterior de un vehículo, a unos 25 cm de altura de éste.

RESULTADOS: ANÁLISIS TÉRMICO COMPARATIVO DE ESTACIONES FIJAS

Características de las estaciones meteorológicas y período de observaciones

La estación meteorológica de Yebes, perteneciente a la red de estaciones del INM, se localiza en la provincia de Guadalajara a una distancia geométrica de unos 11 km al SSE de la capital provincial, con una altitud de 930 m. Aquí se tomaron los registros diarios correspondientes a las temperaturas mínimas entre 1982 y 1993, y se compararon, en las mismas fechas, con los registrados en la estación de El Encín, estación también del INM que se encuentra en la vega del río Henares a una altitud de 610 metros. Consideramos que los doce años de mediciones pueden ser suficientes para caracterizar este fenómeno y, por otro lado, de 1992 a 1994 se realizaron además transectos térmicos en automóvil

	VALOR MEDIO	Nº DE CASOS	% DEL TOTAL
ENERO	2.57	193	62.0
FEBRERO	2.52	132	56.4
MARZO	2.41	156	56.1
ABRIL	2.12	134	50.0
MAYO	1.82	156	50.8
JUNIO	1.86	133	46.0
JULIO	2.35	145	54.0
AGOSTO	2.85	205	68.3
SEPTIEMBRE	2.20	172	64.4
OCTUBRE	2.25	178	57.4
NOVIEMBRE	2.24	152	56.7
DICIEMBRE	2.31	160	58.3
MEDIA ANUAL	2.31	1916	56.8
INVIERNO	2.46		58.9
PRIMAVERA	2.11		52.3
VERANO	2.35		56.1
OTOÑO	2.23		59.5

Tabla 1.- Valores medios mensuales y estacionales de las inversiones térmicas (Yebes-El Encín; 1982-1993).

	DÉBILES (0.5-2°C)	MODERADAS (2.1-4°C)	INTENSAS (4.1-6°C)	MUY INTENSAS (≥ 6° C)
ENERO	50.2	37.8	11.9	1.5
FEBRERO	55.3	28	11.3	5.3
MARZO	53.2	34.6	9.6	2.5
ABRIL	61.1	30.6	7.4	0.7
MAYO	71.8	24.3	3.2	0.6
JUNIO	69.9	23.3	6	0.7
JULIO	53.1	35.8	8.9	2
AGOSTO	44.8	33.6	13.1	8.3
SEPTIEMBRE	62.2	26.7	8.7	2.3
OCTUBRE	60.1	28	8.4	3.3
NOVIEMBRE	52.6	39.4	6.5	1.3
DICIEMBRE	53.7	37.5	8.1	0.6
PRIMAVERA	62.03	29.80	6.75	1.31
VERANO	56.00	30.90	9.30	3.70
OTOÑO	58.30	31.40	7.90	2.33
INVIERNO	53.00	34.40	10.40	2.50

Tabla 2.- Intensidad mensual de las inversiones térmicas. Porcentaje respecto del total de casos de cada mes (Yebes-El Encín; 1982-1993)

	Nº DE DÍAS	% DEL TOTAL
ENERO	7	10.2
FEBRERO	8	11.7
MARZO	5	7.3
ABRIL	3	4.4
MAYO	1	1.4
JUNIO	2	1.9
JULIO	4	5.8
AGOSTO	21	30.8
SEPTIEMBRE	4	5.8
OCTUBRE	6	8.8
NOVIEMBRE	3	4.4
DICIEMBRE	4	5.8
TOTAL ANUAL	68	100

Tabla 3.- Distribución mensual del número de días con inversiones $\geq 6^{\circ}\text{C}$ y porcentaje mensual respecto del total de días con inversiones de esta intensidad. (Yebes-El Encín, 1982-1993).

para terminar de estudiar el fenómeno. Los datos recogidos se introdujeron en el programa de cálculo NCSS para analizar las inversiones térmicas que aparecían. Con los valores de inversión se establecieron las diferencias a nivel mensual y estacional y, del mismo modo, se calcularon las frecuencias de inversión para cuatro posibles intensidades del fenómeno. Por último, se determinó a nivel mensual el número de días durante los cuales las inversiones térmicas alcanzaron los 6°C , para posteriormente, y a partir del análisis de los correspondientes boletines meteorológicos, establecer las situaciones sinópticas durante las cuales las inversiones hayan alcanzado estas notables intensidades.

Análisis mensual y estacional de las inversiones térmicas entre las estaciones de Yebes y El Encín.

Cuando observamos a nivel mensual y estacional las diferencias térmicas favorables al páramo, tanto las intensidades de dichas inversiones como sus frecuencias son realmente notables.

La media anual del valor de las inversiones se sitúa en los 2.31°C (Tabla 1). Estas inversiones alcanzaron en la mitad de los casos valores de al menos 2°C , y en uno de cada cuatro días fueron de 3°C ó más. Las inversiones más intensas se situaron entre 4.5 y 11°C en uno de cada diez días. Los meses de agosto y septiembre las presentaron con más frecuencia; diciembre y enero, en el 60% de casos, mientras que abril, mayo y junio no pasaron del 50%. Estacionalmente observamos que en los solsticios se mueven entre 2.3 y 2.5°C , bajando en los equinoccios a inversiones entre 2.1 y 2.2°C . Respecto al porcentaje estacional de casos con inversión, en todas las estaciones más de la mitad de los días presentaron el fenómeno, destacando otoño-invierno y bajando algo en primavera.

Intensidad y frecuencia de las inversiones térmicas.

De débiles y moderadas podrían ser calificadas las inversiones que con más frecuencia se producen entre el valle del Henares y el páramo, aunque no faltan las intensas e incluso

SITUACIÓN SINÓPTICA	Nº DE CASOS	% DE CASOS
ANTICICLÓNICA CENTRADA	15	23.43
PANTANO BAROMÉTRICO	10	15.62
ANTICICLÓNICA DEL NOROESTE	5	7.81
ANTICICLÓNICA DEL NORTE Y NORDESTE	5	7.81
BAJA TÉRMICA	22	34.37
SITUACIÓN DE TRANSICIÓN	3	4.68
CICLÓNICA	4	6.25

Tabla 4.- Situaciones sinópticas durante las cuales las inversiones térmicas fueron $\geq 6^{\circ}\text{C}$. (Yebes-El Encín. 1982-1993)

muy intensas (Tabla 2). Se observa cómo todos los meses, salvo agosto, tienen más de la mitad de sus valores entre 0.5 y 2°C . En las inversiones moderadas, los meses de noviembre, diciembre y enero se acercan al 40% de casos; las intensas y muy intensas, mucho menos frecuentes, se producen sobre todo en enero, febrero y agosto. Estacionalmente son los equinoccios los periodos en los que las inversiones débiles se presentan con más frecuencia, aunque en las restantes estaciones los valores se encuentran próximos; las inversiones moderadas se reparten de un modo bastante similar, aunque el invierno destaca con el 34.40%. Las inversiones intensas y muy intensas se dan con mayor frecuencia en los solsticios.

Análisis sinóptico de las fechas en que se alcanzaron inversiones iguales o superiores a 6°C

Entre 1982 y 1993 se calculó el número de casos en los que la inversión alcanzó los 6°C , un total de 68 días, que significan el 3.54% del total (Tabla 3).

Destaca el mes de agosto con el 30.8% de los casos; los meses invernales suponen también, aunque con gran diferencia, porcentajes importantes, mientras que son los meses finales

de la primavera y comienzos del verano los que ocupan un menor número de días.

Las máximas intensidades en las inversiones se producen con situaciones anticiclónicas, y suponen el 90%, siendo las situaciones ciclónicas responsables de tan sólo el 6.25% de los casos (Tabla 4). En los tipos de tiempo estables, destacaron los anticiclones centrados, las bajas térmicas (sobre todo en verano), las situaciones con anticiclón sobre la península extendido desde el Atlántico y, con menos frecuencia, desde el continente europeo, así como los pantanos barométricos; estas situaciones supusieron casi el 75% del total.

ESTUDIO DE LAS INVERSIONES TÉRMICAS EN EL VALLE DEL HENARES A TRAVÉS DE TRANSECTOS TÉRMICOS

A través de los transectos térmicos, se pretende establecer posibles diferencias en frecuencia e intensidad de las inversiones térmicas entre el sector occidental, central y oriental del borde del páramo y el fondo del valle del Henares.

Características geográficas de los transectos realizados y período de observaciones

Desde enero de 1992 y hasta marzo de 1994 se efectuaron 98 recorridos que ponían en contacto el valle del Henares y el páramo. De estos recorridos, 57 se realizaron en diecinueve días durante la noche, entre las 23:00 y las 1:30 horas, a partir de los cuales se pudo hacer un análisis comparativo de las inversiones térmicas en tres sectores del valle.

*** Transecto nº1: Valle del Henares en Alcalá-Gurugú**

El recorrido parte de Alcalá, junto al puente de Zulema, a 588 m de altitud, y concluye en el Gurugú a 711 m, con un desnivel topográfico de 123 m. Se desarrolla por la cuesta de ascenso al páramo, con el suelo ocupado por pino carrasco y parcelas de cultivo en secano dedicadas a cereal.

*** Transecto nº2: Valle del Henares-Urbanización El Clavín**

En este transecto no se tomó la temperatura en el fondo del valle, pues la ciudad de Guadalajara influye térmicamente con su isla de calor distorsionando así la temperatura. Por este motivo, se inicia el recorrido a la salida de Guadalajara en dirección a Chiloeches y se continúa unos tres kilómetros hasta pasar la urbanización de El Clavín, situada en el talud del páramo, con la máxima altura en 938 m y una diferencia respecto al punto del valle de 335 m.

*** Transecto nº3: Los Santos de la Humosa-Valle del Henares.**

Se inicia a una altitud de 880 m en la superficie del páramo próxima a Los Santos de la

Humosa, bajando hasta el río Henares, a 607 m de altitud, registrando aquí normalmente la menor temperatura. Este será también el punto de medición que se utilizó para determinar la magnitud de la inversión térmica en el transecto nº2.

Características generales de las inversiones térmicas en el valle del Henares a través de transectos térmicos

Desde el 23 de enero de 1992 se han efectuado 51 salidas que han supuesto un total de 98 recorridos. Las características de los recorridos se indican a continuación (Tabla 5):

Los términos abreviados en la Tabla se refieren a: transecto nº1 (TR.1), transecto nº2 (TR.2), transecto nº3 (TR.3), estable (ESTA), inestable (INES), situación atmosférica indefinida (INDE), despejado (DESP), nuboso (NUBO), niebla (NIEB), neblina (NEBL), lluvia (LLUV), llovizna (LLOV), caluroso (CALU), calido (CALI), agradable (AGRA), fresco (FRES) y calma-viento (CA/VI).

De las 51 salidas efectuadas, 35 de ellas (68.6%) se realizaron en condiciones atmosféricas de estabilidad, en tanto que 13 salidas se produjeron en condiciones de inestabilidad (25.5%); y las 3 restantes en condiciones atmosféricas poco definidas. De las fechas indicadas, en 20 de ellas se realizaron los tres recorridos durante la misma noche, lo que nos permitirá comparar las diferencias térmicas entre los tres sectores del páramo.

Diferencias estacionales en las inversiones térmicas.

Las inversiones térmicas de los casos analizados alcanzaron en el valle del Henares los 2.6 °C de

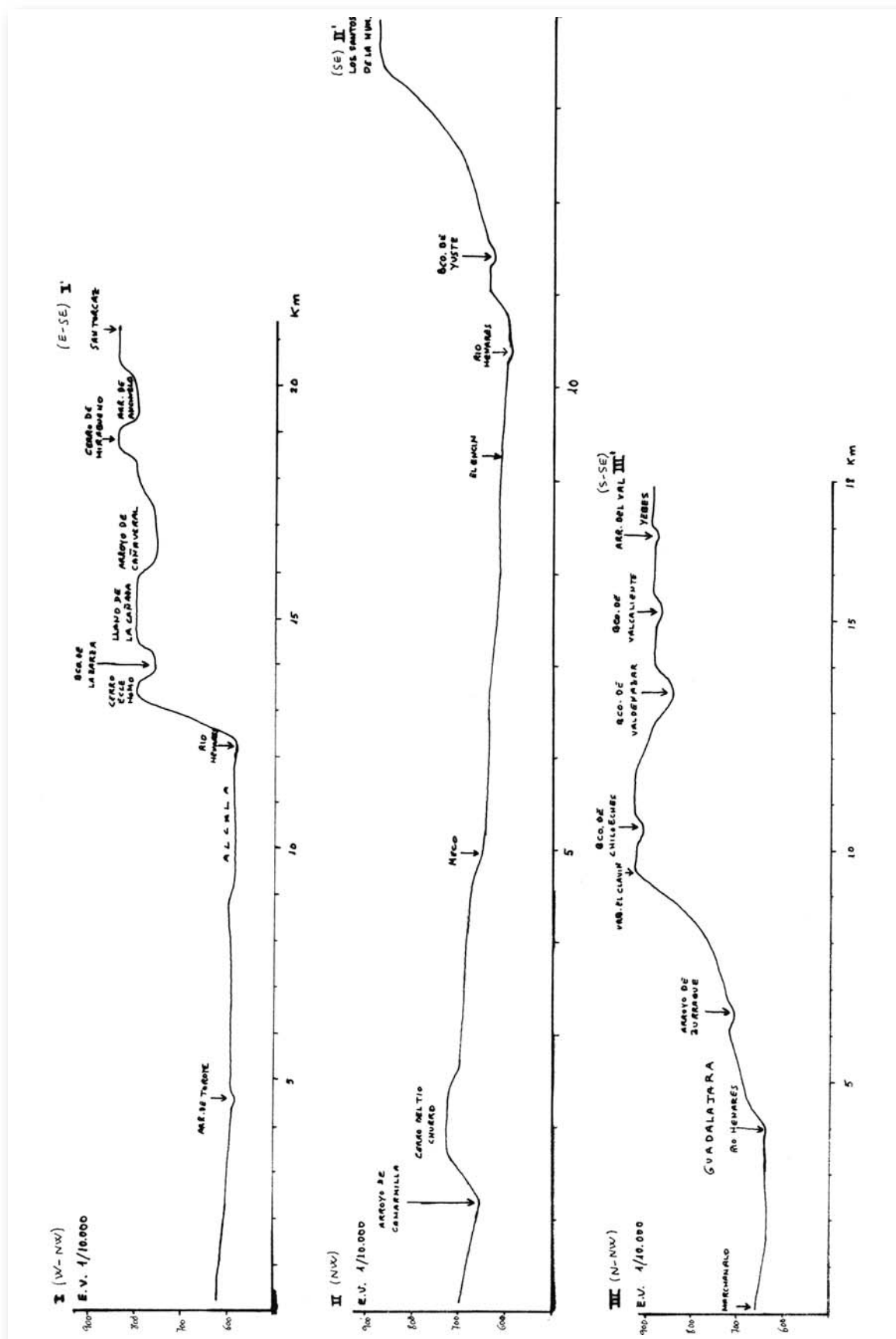


Figura 2.- Perfiles topográficos transversales al valle del Henares (Ver correspondencia en Figura 1).

FECHA	SITUACIÓN ATMOSFÉRICA DÍA	SITUACIÓN ATMOSFÉRICA NOCHE	PRESIÓN SUPERFICIE (mb)	SITUACIÓN DE ALTURA 500 hPa. (m)	TR.1	TR.2	TR.3
23/01/1992	INDE-FRIO-VIENTO	DESP-BRISA	1.020	5.520	2		
13/02/1992	ESTA-FRES-VIENTO	DESP-CALMA	1.028	5.670	1.2		
13/03/1992	ESTA-CALI-CALMA	DESP-CALMA	1.024	5.700	0.9		
20/03/1992	ESTA-CALI-CALMA	DESP-CALMA	1.024	5.790	3.6		
09/04/1992	INES-AGRA-BRISA	DESP-BRISA	1.016	5.700	0		
07/05/1992	ESTA-AGRA-BRISA	DESP-CALMA	1.020	5.730	0		
30/05/1992	INES-ASGRA-CALMA	LLUVI-CALMA	1.012	5.700		0	
11/06/1992	INDE-AGRA-BRISA	NUBO-BRISA	1.016	5700	0		
08/11/1992	ESTA-CALI-CALMA	DESP-CALMA	1.024	5.880	4		
12/09/1992	ESTA-CALU-CALMA	DESP-CALMA	1.020	5.850	0.8		
30/10/1992	INES-FRES-LLUVI	NUBO-CALMA	1.004	5.580	0		
05/11/1992	ESTA-CALI-CALMA	DESP-CALMA	1.024	5.880	4		
19-11-92*	ESTA-CALI-CALMA	DESP-CALMA	1.024	5.820	0	5.7	2.1
21/11/1992	ESTA-CALI-CALMA	DESP-CALMA	1.028	5.850	4.5	6.7	
27/11/1992	ESTA-FRES-CALMA	NEBL-CALMA	1.028	5.850	3.7	5.3	
3-12-92*	INES-FRES-VIENTO	NUBO-VIENTO	1.012	5.580	0	0	0
11-12-92*	ESTA-FRES-BRISA	DESP-CALMA	1.024	5.640	1.4	0.5	0.8
12/12/1992	ESTA-FRES-CALMA	DESP-CALMA	1.024	5.760	3.9		
16/12/1992	INES-LLUVI-CALMA	NUBO-CALMA	1.012	5.580	0		
14/01/1993	ESTA-FRIO-CALMA	NIEB-CALMA	1.032	5.790	2.2		
15-1-93*	ESTA-FRES-CALMA	DESP-CALMA	1.032	5.790	4.6	4.8	4.8
16/01/1993	ESTA-FRES-CALMA	DESP-CALMA	1.036	5.820	4.4		
22-1-93*	ESTA-FRES-CALMA	DESP-CALMA	1.036	5.820	3	8.8	6.2
29-1-93*	INES-FRES-CALMA	NUBO-CALMA	1.012	5.580	2.7	1	0
04/02/1993	INES-FRES-CALMA	LLOV-CALMA	1.024	5.610	0		
18/02/1993	ESTA-FRES-CALMA	DESP-CALMA	1.024	5.700	3.7		
19-2-93*	ESTA-FRES-CALMA	DESP-CA/VI	1.024	5.700	4.8	0	1
04/03/1993	INES-FRES-CALMA	NUBO-BRISA	1.012	5.520	0.8		
6-3-93*	ESTA-AGRA-CALMA	DESP-CALMA	1.016	5.580	4.3	6.2	7.7
13/03/1993	INES-AGRA-CALMA	LLOV-CALMA	1.012	5.640	0		
18-3-93*	ESTA-AGRA-BRISA	DESP-BRISA	1.024	5.820	0	4.5	3.6
25/03/1993	ESTA-FRES-VIENTO	DESP-VIENTO	1.024	5.610	0		
01/04/1993	INES-FRIO-VIENTO	NUBO-VIENTO	1.016	5.640	0		
16-4-93*	INES-FRES-VIENTO	DESP-VIENTO	1.016	5.610	0	0	0.7
21/04/1993	INES-AGRA-VIENTO	NUBO-BRISA	1.008	5.580	0		
8-5-93*	INES-CALI-CALMA	NUBO-CALMA	1.012	5.640	0.5	1.7	2.1
21-5-93*	ESTA-CALI-BRISA	DESP-CALMA	1.020	5.700	2.4	2.6	1.3
23-1-92	INDE-FRIO-VIENTO	DESP-BRISA	1.020	5.520	2		
13-2-92	ESTA-FRES-VIENTO	DESP-CALMA	1.028	5.670	1.2		
4-6-93*	ESTA-CALI-BRISA	NUBO-CALMA	1.012	5.760	1	5	3.5
19-6-93*	ESTA-CALU-CALMA	DESP-CALMA	1.014	5.820	0	4.1	2.7
27-6-93*	ESTA-CALU-CALMA	DESP-BRISA	1.014	1.880	1.6	0.5	0
6-7-93*	ESTA-CALI-VIENTO	DESP-VIENTO	1.020	5.880	0	0	0
17-8-93*	ESTA-CALU-CALMA	DESP-BRISA	1.016	5.880	0	0	0
03/09/1993	ESTA-CALU-CALMA	NUBO-CALMA	1.012	5.820	2.6		
19-11-93*	INDE-AGRA-CALMA	NEBL-CALMA	1.012	5.640	1.9	1.2	2.5
4-12-93*	ESTA-CALI-CALMA	NUBO-CALMA	1.028	5.780	3.1	3.2	2.2
06/12/1993	ESTA-FRIO-CALMA	NIEB-CALMA	1.028	5.730	0		
09/12/1993	ESTA-FRIO-CALMA	NIEB-CALMA	1.028	5.760	0		
22-1-94*	ESTA-FRES-CALMA	DESP-CALMA	1.032	5.700	2.5	4	3.5
26/01/1994	ESTA-AGRA-CALMA	DESP-CALMA	1.032	5.760			4.5
11/02/1994	ESTA-CALI-CALMA	DESP-CALMA				9.6	8.2
04/03/1994	ESTA-CALI-CALMA	DESP-CALMA	1.028	5.820			1.2

Tabla 5.- Características de los recorridos realizados en los diferentes transectos del valle del Henares. (Enero 1992- Marzo 1994). En los días seguidos de asterisco (*) se pudieron efectuar los tres transectos.

	EL GURUGÚ	EL CLAVÍN	LOS SANTOS	MEDIA
PRIMAVERA	1.4	3	3	2.46
VERANO	0.56	1.86	1.2	1.22
OTOÑO	1.1	3.4	2.3	2.26
INVIERNO	2.5	3.2	2.9	2.86
MEDIA	1.86	3.3	2.8	2.67

Tabla 6.- Valores medios y estacionales de inversión en los distintos transectos térmicos (Enero 1992-Marzo 1994)

media. En invierno, se registraron las máximas intensidades, con 2.8°C, aunque también se hicieron presentes en los equinoccios, con 2.4 y 2.2 °C en la primavera y el otoño respectivamente; por su parte, el verano fue la estación con menores inversiones, alcanzando un valor medio de 1.2°C (Tabla 6).

En el análisis por transectos resulta evidente que en El Clavín la media de las inversiones térmicas es claramente superior al sector de los Santos de la Humosa y del Gurugú; la diferencia es bastante mayor con El Gurugú, 1.5°C, en tanto que con Los Santos de la Humosa se reduce a 0.5°C.

Estacionalmente, en El Gurugú las mayores intensidades se dieron sobre todo en invierno; en El Clavín las inversiones tienen una intensidad semejante en invierno y las estaciones equinocciales, bajando en verano; por último, en Los Santos de la Humosa primavera e invierno marcan las máximas inversiones,

otoño da valores medios y en verano se reducen apreciablemente.

Frecuencia e intensidad de las inversiones térmicas.

A continuación se extraen conclusiones sobre la frecuencia e intensidad del fenómeno (Tabla 7).

En 41 de los 57 recorridos analizados, 71.9% de casos, se han producido inversiones de diferente magnitud, tratándose sobre todo de inversiones débiles y moderadas en el 70% de los casos, en tanto que las intensas y muy intensas suponen el restante 30%. Por transectos, en frecuencias de las inversiones, en El Clavín casi se alcanzó el 80% de casos, bajando al 73.6% en Los Santos y siendo El Gurugú el sector con menor frecuencia, 63.1%. Por lo que se refiere a las diferencias de intensidad, en El Gurugú son las inversiones débiles y moderadas las más frecuentes, pues suponen el 83% de los casos; en El Clavín las inten-

	EL GURUGÚ	EL CLAVÍN	LOS SANTOS	MEDIA
CASOS CON INVERSIÓN	12 (63.1%)	15 (78.9%)	14 (73.6%)	71.9%
DÉBIL (0.5-2)	5 (41.6%)	5 (33.3)	3 (21.4%)	31.7%
MODERADA (2.1-4)	5 (41.6%)	3 (20)	8 (57.1%)	39.0%
INTENSA (4.1-6)	2 (16.6%)	5 (33.3)	0	17.1%
MUY INTENSA (>6)	0	2 (13.3)	3 (21.4%)	12.2%

Tabla 7.- Frecuencia e intensidad de las inversiones térmicas. Porcentaje en las intensidades de las inversiones, respecto del total de casos con inversión en cada transecto (Enero 1992-Marzo 1994)

sas representan el 33.3% y, junto a las muy intensas, suponen la mitad de los casos; por último, en Los Santos de la Humosa dominan las inversiones moderadas, con el 53.4%, no faltando tampoco las muy intensas que aparecen en una de cada cinco inversiones.

CONCLUSIONES E INTERPRETACIÓN

Vistos los resultados obtenidos, tanto al comparar las estaciones fijas como a través de los transectos térmicos, pueden apuntarse las siguientes conclusiones:

- El páramo se comporta como un espacio menos extremado en las temperaturas mínimas, de modo que a lo largo de todo el año estas temperaturas superan a las del valle.
- Estas anomalías térmicas son más intensas en invierno, adquieren un carácter más moderado en los equinoccios y se mantienen de modo notable incluso en verano.
- Se trata sobre todo de inversiones que no sobrepasan los 4°C, débiles y moderadas.
- Las inversiones más intensas se producen en situaciones anticiclónicas e, incluso, con bajas térmicas.
- En el sector occidental del páramo (El Gurugu), menos elevado se registraron las menores frecuencias e intensidades del fenómeno; el sector oriental más elevado de El Clavín; presentó la mayor frecuencia e intensidad de inversiones y el sector central, de altitud intermedia en Los Santos de la Humosa, alcanzó frecuencias e intensidades también intermedias.

Las inversiones durante las estaciones de invierno, otoño y primavera estarían en relación

con la mayor o menor frecuencia de situaciones anticiclónicas con aire en calma y bajas temperaturas nocturnas. En estas condiciones, las inversiones de irradiación y de drenaje entre páramo y valle sumarían sus efectos. Sin embargo, la importante presencia de inversiones estivales, sobre todo con los resultados obtenidos al comparar las estaciones fijas durante doce años, nos lleva a plantear como hipótesis que sería el producto de un doble efecto: por un lado, la presencia de frecuentes situaciones atmosféricas con bajas presiones estivales de origen térmico, mantenidas durante las horas nocturnas, y que a cierta altura del valle permitirían la existencia de un aire más cálido ascendido por convección; en segundo lugar, considerando que estamos realizando una comparación térmica entre el páramo, donde domina una cubierta vegetal de naturaleza esclerófila, y el fondo del valle, en el Encín, con una vegetación de carácter ripario, junto a la presencia de un regadío intensivo en verano en la finca de experimentación agrícola, resultará que en el período estival la evaporación y evapotranspiración en el Encín son claramente más elevadas que en el páramo, por lo que la pérdida de calor será mucho más elevada en el fondo del valle del Henares. Así, de ambos efectos pueden resultar unas temperaturas mínimas más elevadas en el páramo también en el verano, dando lugar a las inversiones térmicas que hemos registrado.

Ante las diferencias térmicas observadas en los tres sectores del borde del páramo, pensamos que son las diferencias altitudinales respecto al valle las responsables de las variaciones encontradas. Efectivamente, el desnivel topográfico de 335 m en el sector

oriental, baja a 275 m en el central y se queda en 123 m en el occidental. Este hecho va a tener las siguientes consecuencias:

- Respecto a las diferencias estacionales, el enfriamiento del borde del páramo será mayor cuanto más elevado éste se encuentre; de esta forma, el sector oriental, más elevado, sufrirá un enfriamiento notable en invierno, otoño y primavera; sólo en verano el enfriamiento será menor. Al sector central, más bajo, le afectarán especialmente el invierno y la primavera; respecto al occidental, el de menor altitud, su enfriamiento sólo será intenso en invierno. Estas diferencias de enfriamiento estacional, en función de la altitud, se traducirán en las diferencias estacionales observadas en la frecuencia de las inversiones más intensas.
- Los 335 m de diferencia altitudinal del sector oriental permitirán un gradiente vertical con un aumento térmico de 1°C cada 100 m, gradiente que sería semejante en el sector central y que en el occidental aumentaría a 1.4°C. Si se tiene en cuenta la diferente anchura de la faja térmica afectada por la inversión en los tres sectores, máxima en el oriental y mínima en el occidental, se podrá entender que la intensidad de las inversiones térmicas esté en relación directa con la diferencia altitudinal, y a mayor desnivel topográfico se encontrará una mayor intensidad del fenómeno.
- Respecto a la frecuencia, será en los sectores más elevados del borde del páramo donde se incremente la probabilidad de un suficiente enfriamiento del aire en superficie para que pueda producirse la "caída" de éste hacia el espacio más de-

primido del valle y, consecuentemente, generarse el efecto de la inversión por este drenaje de aire frío en un mayor número de días al año.

BIBLIOGRAFÍA

Domínguez, P. (1995): Inversión de temperatura en el Valle del Guadalquivir. Un factor climático de gran influencia en el medio ambiente urbano de Córdoba. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 15: 281-288.

Fernández, F. y E. Galán (1983): Características térmicas del Valle del Tiétar. *VII Coloquio de Geografía*, Pamplona, 1981. Tomo I, ponencias y comunicaciones; AGE, Salamanca: 99-107.

Fontseré, E. (1937): *L'anomalia tèrmica de la Plana de Vic*. Barcelona, Servicio Meteorológico de Catalunya, Mem. I, 1

García-Abad, J.J. y V. Carmona (1997): Estudio geográfico de las temperaturas en la Alcarria Suroriental (II): análisis microclimático y cartografía en 1992., *Cuadernos Geográficos*, 27: 171-196. Granada.

Puigdefabregas, J. (1970): Características de la inversión térmica en el extremo oriental de la depresión interior altoaragonesa. *Pirineos*, 96: 21-45.

Schmitt, R. (1946): El clima de Castilla la Vieja y Aragón. Trad. *Estudios Geográficos*, 21-22: 727-814.

Xercavins, A. (1989): Notas sobre el clima y las inversiones térmicas en Les Guillerries. *XI Congreso Nacional de Geografía*; AGE, Comunicaciones, vol.II: 288-295.